



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 195 43 583 C 1

⑤① Int. Cl. 8:
B 60 T 8/60
B 60 T 13/74
B 60 K 28/18

②① Aktenzeichen: 195 43 583.4-21
②② Anmeldetag: 22. 11. 95
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 2. 97

DE 195 43 583 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,
DE

⑦② Erfinder:

Steiner, Manfred, Dipl.-Ing., 71384 Winnenden, DE;
Nell, Joachim, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE

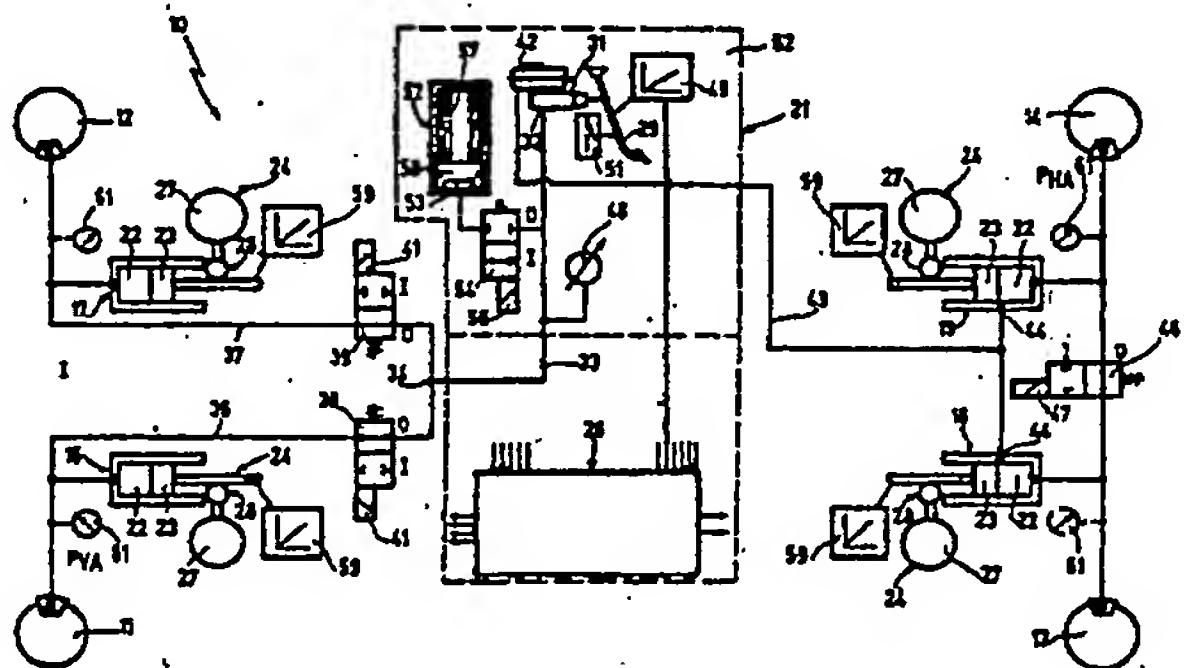
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 35 769 C1
DE 34 10 006 A1

⑤④ Bremsdruck-Steuerungseinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit elektrohydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage

⑤⑦ Bei einer Bremsdruck-Steuerungseinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit elektrohydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage, die für jede Radbremse einen elektromotorisch antreibbaren hydraulischen Stellzylinder umfaßt, die die Implementierung der folgenden Funktionen vermitteln:

- Zielbremsbetrieb einschließlich elektronischer Steuerung der VA-/HA-Bremskraftverteilung (EBKV);
- Antiblockierregelung (ABS-Funktion);
- Antriebs-Schlupfregelung (ASR-Funktion);
- Fahrdynamik-Regelung durch selbsttätig gesteuerten Aufbau von Bremschlupf an einem oder mehreren der Fahrzeugräder, wobei
- eine Sollwert-Vorgabe-Einheit mit einem Einkreis-Hauptzylinder vorgesehen ist, der im normalen elektronisch gesteuerten Bremsbetrieb als Sollwert-Geber dient und bei einem Ausfall des elektronischen Bordnetzes als Notbremsgerät betätigbar ist, mittels dessen Bremsdruck in den Vorderradbremmen aufbaubar ist. Der Einkreis-Hauptzylinder (31) ist dahingehend ausgelegt, daß das aus seinem Ausgangsdruckraum maximal verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen signifikant größer ist als ein für einen Notbremsbetrieb mit hinreichender Fahrzeugverzögerung erforderliches Aufnahme-Volumen der Vorderradbremmen (11, 12), die auch bei einer elektrisch gesteuerten Zielbremsung gegen den Einkreis-Hauptzylinder (31) abgesperrt sind. An den Druckausgang (32) des Einkreis-Hauptzylinders (31) ist als Pedalwegsimulator ein Speicherelement (52) angeschlossen, dessen maximales Aufnahmevermögen höchstens dem Mehrbetrag ...



DE 195 43 583 C 1

Die Erfindung betrifft eine Bremsdruck-Steuerungseinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit elektrohydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Bremsdruck-Steuerungseinrichtung ist durch die DE 43 35 769 C1 bekannt.

Diese bekannte Bremsdruck-Steuerungseinrichtung umfaßt den Radbremsen einzeln zugeordnete, elektromotorisch antreibbare hydraulische Stellzylinder, die in einem einzigen Hub ihres Kolbens Auf- und Abbau des maximalen Bremsdruckes in der angeschlossenen Radbremse, auf den diese ausgelegt ist, ermöglichen, und, gesteuert durch elektronische Ausgangssignale einer elektronischen Steuereinheit die Implementierung mindestens der folgenden Funktionen vermitteln:

- Steuerung des Zielbremsbetriebes nach Maßgabe vom Fahrer mittels einer von ihm betätigbaren Sollwert-Vorgabe-Einheit erzeugbarer, für den Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung charakteristischer Sollwert-Signale, einschließlich Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs -Bremskraftverteilung
- Gegebenenfalls selbsttätige Auslösung einer Vollbremsung, wenn das aus einer zeitlichen Verarbeitung von Sensor-Ausgangssignalen der Sollwert-Vorgabe-Einheit erkennbare Betätigungsverhalten des Fahrers dessen Wunsch nach hoher Fahrzeugverzögerung signalisiert;
- Antiblockierregelung durch selbsttätig gesteuerte Bremsdruck-Modulation, sowie
- Antriebs-Schlupfregelung durch selbsttätige Aktivierung der Radbremse jeweils des zum Durchdrehen neigenden Fahrzeugrades;
- Fahrdynamikregelung durch selbsttätig gesteuerten Aufbau von Bremsschlupf an einem oder mehreren der Fahrzeugräder und ggf. auch
- eine Abstandsregelung bei Kolonnenfahrt durch selbsttätige Aktivierung der Bremsanlage in Abhängigkeit von Ausgangssignalen einer Sensorik, die den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug erfaßt.

Die Sollwert-Vorgabe-Einheit umfaßt einen mittels eines üblichen Bremspedals direkt, d. h. ohne Zwischenschaltung eines Bremskraftverstärkers, betätigbaren statischen Einkreis-Hauptzylinder, an dessen Ausgangsdruckraum die Vorderradbremse über je ein als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildetes Umschaltventil angeschlossen sind, deren bei Erregung ihrer Schaltmagnete eingenommene Schaltstellung eine Sperrstellung ist, in der die Vorderradbremse gegen den Ausgangsdruckraum des Einkreis-Hauptzylinders abgesperrt sind, und in deren als Grundstellung eingenommener Durchflußstellung Bremsflüssigkeit durch Betätigung des Hauptzylinders direkt in die Vorderradbremse verdrängbar ist, so daß bei einem Ausfall des elektrischen Bordnetzes ein Notbrems-Betrieb durch Aktivierung der Vorderradbremse möglich ist, durch den sich noch eine relativ hohe Fahrzeugverzögerung von bis zu $0,4\text{ g}$ ($g = 9,81\text{ ms}^{-2}$) erreichen läßt, die höher als die gesetzlich geforderte Mindest-Verzögerung ist.

Damit bei der bekannten Bremsdruck-Steuerungseinrichtung eine für eine gute Dosierbarkeit der bei einer Zielbremsung vom Fahrer einzusteuernenden Bremsdruckentwicklung unter ergonomischen Gesichtspunk-

ten günstige Pedalweg-/Bremskraftcharakteristik der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung erzielbar ist, erfolgt die Einspeisung von Bremsflüssigkeit in die Radbremszylinder während einer Zielbremsung durch die kombinierte Wirkung des Hauptzylinders und der Bremsdruck-Stellzylinder z. B. dadurch, daß der Stellweg der Kolben dieser Stellzylinder, zu dessen Überwachung den Stellzylindern einzeln zugeordnete Positions-Geber vorgesehen sind, dem ebenfalls mittels eines Pedalstellungs-Sensors erfaßbaren Stellweg des Kolbens des Hauptzylinders nachgeführt wird, wobei sich ein definiertes Verhältnis der mittels des Hauptzylinders in die Vorderradbremse eingespeisten Bremsflüssigkeitsmenge zu der mittels der Stellzylinder in die Vorderradbremse einspeisbaren Bremsflüssigkeitsmenge ergibt. In den möglichen Situationen einer selbsttätigen zum Zweck der angesprochenen Regelungs- und Steuerungsarten erfolgenden Aktivierung der Vorderradbremse werden diese durch Ansteuerung der Umschaltventile gegen den Hauptbremszylinder abgesperrt, wonach die Bremsdruck-Steuerung allein durch regelungsgerechte Ansteuerung der Bremsdruck-Stellzylinder sowohl der Vorder- als auch der Hinterradbremse des Fahrzeuges erfolgt, an letzteren auch im Falle der Zielbremsung.

Diese Funktion der bekannten Bremsdruck-Steuerungseinrichtung bedingt, daß bei einem Ansprechen der Antiblockierregelung die Pedal-Reaktion, die dem Fahrer gleichsam die Rückmeldung über den Funktionszustand der Bremsanlage vermitteln soll, sich drastisch ändert, da das Bremspedal gleichsam hart wird — nicht mehr weiterbewegt werden kann — und die weitere Dosierung des Bremsdruckes, der für den Bremsdruck-Wiederaufbau genutzt wird, erschwert ist. Dies ist insbesondere dann nachteilig, wenn die Bremsung auf einem Fahrbahnbereich mit sehr niedrigem Kraftschlußbeiwert zwischen der Fahrbahn und den Fahrzeugrädern erfolgt, da sich unter dieser Bedingung ein besonders kurzer Pedalweg ergibt, d. h., eine plötzliche Änderung der Pedal-Reaktion, die dem Fahrer in nicht zu seltenen Fällen den Eindruck eines Defekts der Bremsanlage suggeriert, d. h. eine Irritation bewirken kann, aus der fahrerisches Fehlverhalten und damit eine Situation potentieller Gefahr resultieren kann. Ähnlich mißdeutbare, im übrigen auch den Bedienungskomfort der Bremsanlage beeinträchtigende Bremsen-Betätigungssituationen können entstehen, wenn der Fahrer während einer Fahrdynamik- oder Abstands-Regelungsphase selbst bremsen will und hierbei zunächst mit einem "harten" Bremspedal konfrontiert wird, da die Umschaltventile noch geschlossen sind. Dasselbe gilt sinngemäß für den Fall, daß das Fahrzeug mit einem Vorderachs-Antrieb ausgerüstet ist und der Fahrer im Verlauf einer Antriebs-Schlupf-Regelungsphase, bei der die Umschaltventile der Vorderradbremse ebenfalls geschlossen sind, eine Bremsung einleiten möchte.

Es kommt hinzu, daß das maximale Aufnahmevermögen der Ausgangsdruckräume der Stellzylinder der Vorderradbremse größer sein muß als das maximale Aufnahmevermögen der angeschlossenen Radbremsen, damit, ausgehend von einer Grundstellung der Stellzylinderkolben, in der das Volumen der Stellzylinder-Ausgangsdruckräume dem maximalen Schluckvolumen der angeschlossenen Radbremsen entspricht, im Falle einer erst bei einem sehr hohen Bremsdruck einsetzenden Antiblockierregelung gleichwohl ein vollständiger Abbau des Bremsdruckes möglich ist, was insoweit eine vergrößerte Baulänge der Stellzylinder der Vorderrad-

bremsen erfordert.

Eine Bremsanlage mit elektrischen Bremskraftstellern kann auch der DE 34 10 006 A1 entnommen werden. Diese Bremsanlage weist darüber hinaus noch einen Hauptbremszylinder auf, der hydraulische Radbremszylinder der Vorderachse mit Bremsdruck beaufschlagt, wobei die hydraulische Bremsdruckerzeugung als Rückfallebene ausgebildet ist. Die elektrischen Bremskraftsteller werden von einer Steuereinrichtung geregelt, der dazu ein Signal über die Betätigung des Bremspedals und Signale über die Raddrehzahlen der einzelnen Räder zugeführt werden. Dabei kann auch die Funktion eines ABS-Systems oder eines Antriebs-schlupfregelsystem in die Steuereinheit integriert sein.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Bremsdruck-Steuerungseinrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß in einer überwiegenden Zahl von Bremssituationen, die vom Fahrer durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders gesteuert werden, die am Bremspedal spürbare Reaktionskraft in Abhängigkeit vom Pedalweg ein zuverlässiges Maß für den Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung ist und eine Pedalweg-/Bremsdruck-Charakteristik erzielt wird, die Irritationen hinsichtlich der Funktionsbereitschaft der Bremsanlage vermeiden hilft.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Hiernach ist der Einkreis-Hauptzylinder so dimensioniert, daß das durch Verschiebung seines Kolbens um den maximalen Hub s_{max} , der konstruktiv vorgebar ist, aus dem Ausgangsdruckraum des Hauptzylinders insgesamt verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen signifikant, vorzugsweise um einen definierten Bruchteil, größer ist, als das Volumen derjenigen Bremsflüssigkeitsmenge, die in die Vorderradbremse verdrängbar sein muß, um in diesen einen definierten, gemäß der Bremsenauslegung für den Notbremsfall vorgesehenen Bremsdruck zu erreichen. In Kombination hiermit ist weiter vorgesehen, daß auch bei einer elektrisch gesteuerten Zielbremsung die Vorderradbremse gegen den Einkreis-Hauptzylinder — durch Ansteuerung der Umschaltventile — abgesperrt sind, d. h. der Bremsdruckaufbau allein durch Aktivierung der Bremsdruck-Stellzylinder erfolgt, so daß es möglich ist, wie weiter vorgesehen, das maximale Aufnahmevermögen der Ausgangsdruckräume der Bremsdruck-Stellzylinder auf dasjenige Volumen zu beschränken, das zur Erzielung eines maximalen Bremsdruckes in der jeweils angeschlossenen Radbremse in diese verdrängbar sein muß, was einem niedrigstmöglichen Raumbedarf der Bremsdruck-Stellzylinder entspricht.

Des weiteren ist an den Druckausgang des Einkreis-Hauptzylinders der Sollwert-Vorgabe-Einheit ein Speicherelement angeschlossen, in das gegen eine zunehmende Reaktionskraft Bremsflüssigkeit durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders verdrängbar ist, so daß eine Verschiebung des Hauptzylinderkolbens und damit eine ergonomisch günstige Weg-Kraft-Kennlinie der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung auch dann erzielbar ist, wenn die Vorderradbremse gegen den Einkreis-Hauptzylinder abgesperrt sind. In Kombination hiermit ist schließlich vorgesehen, daß das maximale Aufnahmevermögen des Speicherelements höchstens dem Mehrbetrag entspricht, um den das aus dem Hauptzylinder verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen größer ist als das im Notbremsfall für die Erzielung einer definierten Mindestverzögerung erforderliche Aufnah-

mevolumen der Vorderradbremse, wodurch sichergestellt ist, daß in einem Notbremsbetrieb der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung, die auch bei einem Ausfall des elektrischen Bordnetzes des Fahrzeuges möglich sein muß, allein durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders ein für eine hinreichende Fahrzeugverzögerung von z. B. 0,4 g erforderlicher Bremsdruckaufbau möglich bleibt.

Eine günstige Relation zwischen Pedalweg im Notbremsbetrieb und Dosierbarkeit im Zielbremsbetrieb ist gegeben, wenn das maximale Aufnahmevermögen des Speicherelements zwischen 30 und 60%, vorzugsweise um 50% des insgesamt in die Vorderradbremse verdrängbaren Bremsflüssigkeits-Volumens beträgt.

Ein für diese Relationen geeignetes Speicherelement ist auf einfache Weise als Kolben-Federspeicher realisierbar.

Insbesondere für den Notbremsbetrieb der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung ist es vorteilhaft, wenn das Speicherelement gegen den Einkreis-Hauptzylinder absperrbar ist, damit das gesamte, aus diesem verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen für den Bremsdruckaufbau in den Vorderradbremse zur Verfügung steht.

Eine bei einem Ausfall des elektrischen Bordnetzes selbsttätige Absperrung des Speicherelements gegen den Hauptzylinder ist bei beliebiger Gestaltung des Speicherelements dadurch auf einfache Weise möglich, daß zwischen diesem und den Hauptzylinder ein Magnetventil geschaltet ist, dessen erregte Stellung seine Durchfluß-Stellung und dessen — federzentrierte — Grundstellung seine Sperrstellung ist.

Ein funktionsentsprechendes Magnetventil kann, eine Ausbildung des Speicherelements als Kolben-Federspeicher vorausgesetzt, bei der die Speicherfeder in einer mit Bremsflüssigkeit verfüllten Federkammer angeordnet ist, die mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter in kommunizierende Verbindung bringbar ist, zwischen diesen und die Federkammer geschaltet sein.

Alternativ zu einem "passiven" Kolben-Feder-Speicher kann als Speicherelement ein elektromotorisch antriebbarer Hydrozylinder mit positionsüberwachtem Kolben vorgesehen sein, dessen Antrieb vorzugsweise nicht selbsthemmend, dafür jedoch mit einer im stromlosen Fall selbsttätig wirksamen mechanischen Feststellbremse versehen ist. Mit einem solchen Speicherelement können durch zweckgerechte elektrische Ansteuerung des Antriebes im Prinzip beliebige Pedalweg/Reaktionskraft-Kennlinien erzielt werden, und es ist auch möglich, im Falle einer Antiblockierregelung ein Reaktionsverhalten des Hauptzylinders einzusteuern, das dem Fahrer in sinnfälliger Weise die Aktivierung der Antiblockierregelung signalisiert.

Um im Notbremsbetrieb nicht zu große Pedal-Betätigungswege hinnehmen zu müssen, ist es besonders vorteilhaft, wenn der Einkreis-Hauptzylinder für den Notbremsbetrieb auf ein gegenüber dem Zielbremsbetrieb vergrößertes Verhältnis seines auf den Kolbenhub bezogenen Verdrängungs-Volumens umstellbar ist, wobei es aus Sicherheitsgründen besonders zweckmäßig ist, wenn der Hauptzylinder selbsttätig, z. B. weggesteuert, auf das für den Notbremsbetrieb vergrößerte Verdrängungsvolumen/Hub-Verhältnis umstellbar ist.

Durch die Merkmale der Ansprüche 11 und 12, einerseits, und die Merkmale der Ansprüche 13 bis 15, andererseits, sind hierzu geeignete, alternative Gestaltungen des Einkreis-Hauptzylinders angegeben, die jeweils nach einem Mindest-Hub des mittels des Bremspedals betätigbaren Hauptzylinderkolbens die Aktivierung ei-

ner zusätzlichen Kolbenfläche vermitteln und dadurch das pro Einheit des Hubes aus dem Hauptzylinder verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen vergrößern.

Besonders vorteilhaft ist hierbei die Gestaltung des Hauptzylinders gemäß Anspruch 15, bei der durch zweckgerechte Abstimmung einer zwischen zwei Kolbenelementen wirksamen Feder auf die bremsdruckbedingte Reaktionskraft ein stetiger Übergang der für den Zielbremsbetrieb maßgeblichen Kraft-/Weg-Relation auf die im Notbremsbetrieb gültige Kraft-/Weg-Relation erzielbar ist.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäßen Bremsdruck-Steuerungseinrichtung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine elektrohydraulische Bremsanlage mit einer erfindungsgemäßen, mit einem als Kolben-Federspeicher ausgebildeten Speicherelement zur Pedalweg-Simulation ausgerüsteten Bremsdruck-Steuerungseinrichtung, in schematisch vereinfachter Blockschaltbild-Darstellung,

Fig. 2a und 2b je ein weiteres Ausführungsbeispiel einer bei der Bremsanlage gemäß Fig. 1 einsetzbaren Bremsdruck-Steuerungseinrichtung, in einer der Fig. 1 entsprechenden Darstellung und

Fig. 3a und 3b alternative Gestaltungen je eines bei der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung als Bremsdruck-Geber-Gerät einsetzbaren Einkreis-Hauptzylinders, jeweils in schematisch vereinfachter Längsschnitt-Darstellung.

Die in der Fig. 1 insgesamt mit 10 bezeichnete Bremsanlage für ein durch diese repräsentiertes Straßenfahrzeug, für das lediglich zum Zweck der Erläuterung vorausgesetzt sei, daß es einen Hinterachsantrieb habe, umfaßt vier, den Vorderradbremse 11 und 12 und den Hinterradbremse 13 und 14 je einzeln zugeordnete Bremsdruck-Stellglieder 16 und 17 bzw. 18 und 19, die mittels einer vom Fahrer betätigbaren, insgesamt mit 21 bezeichneten Bremsdruck-Steuerungseinrichtung zur Erzeugung in die Radbremsen 11 bis 14 einkoppelbarer Bremsdrücke ansteuerbar sind.

Die Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 sind, ihrem grundsätzlichen Aufbau nach, als hydraulische Linearzylinder ausgebildet, die je einen jeweils an eine der Vorderradbremse 11 und 12 bzw. der Hinterradbremse 13 und 14 angeschlossenen Ausgangsdruckraum 22 haben, der einseitig beweglich durch einen im Zylindergehäuse druckdicht verschiebbar geführten Kolben 23 begrenzt ist, durch dessen Verschiebung im Sinne einer Verringerung des Volumens des Ausgangsdruckraumes 22 in die jeweils angeschlossene Radbremse Bremsflüssigkeit hineinverdrängbar und dadurch Bremsdruck aufbaubar ist, und durch dessen Verschiebung im Sinne einer Volumenvergrößerung des jeweiligen Ausgangsdruckraumes 22 Bremsdruck in der jeweils angeschlossenen Radbremse absenkbar ist.

Für den diesbezüglichen Antrieb der Kolben 23 der Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 sind diese mit elektromotorischen Linearantrieben 24 versehen, die durch Ausgangssignale einer elektronischen Steuereinheit 26 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 zum Antrieb der Kolben 23 in deren alternativen Bewegungsrichtungen ansteuerbar sind. Derartige Linearantriebe, die einen Elektromotor 27 mit umkehrbarer Drehrichtung und ein schematisch angedeutetes Getriebe 28 haben, das durch formschlüssigen Eingriff antreibender und angetriebener Elemente eine eindeutig korrelierte Umsetzung der Drehbewegungen des Ankers des Elektromo-

tors 27 in die Hubbewegungen des Kolbens 22 vermittelt, sind zweckmäßigerweise als Spindeltriebe ausgebildet, deren mit dem Kolben 23 in Eingriff stehende Antriebsspindeln oder Spindel-Muttern über Stirnradgetriebe angetrieben sind, die schaltbar in alternativen Drehrichtungen unterschiedliche Antriebsübersetzungen vermitteln können, insbesondere derart, daß beim Druckabsenkungs-Hub des Kolbens 23 eine größere Übersetzung wirksam ist als im Verdrängungs-Hub, der zum Bremsdruck-Aufbau in der angeschlossenen Radbremse führt.

Die Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 umfaßt als Steuergerät, durch dessen Betätigung der Fahrer den Betrag einer gewünschten Fahrzeugverzögerung einsteuern kann, einen mittels eines Bremspedals 29 betätigbaren, "rudimentären", Einkreis-Hauptzylinder 31, der nur einen Druckausgang 32 hat und "direkt" — ohne die übliche Zwischenschaltung eines Bremskraftverstärkers — betätigbar ist, ansonsten jedoch konstruktiv einem üblichen statischen Hauptzylinder entspricht.

An diesen — einzigen — Druckausgang 32 des Hauptzylinders 31 ist eine Hauptbremsleitung 33 angeschlossen, die sich an einer Verzweigungsstelle 34 in zwei, zu je einer der beiden Vorderradbremse 11 und 12 führende und an diese jeweils direkt angeschlossene Bremsleitungszweige 36 und 37 verzweigt, wodurch die beiden Vorderradbremse 11 und 12 des Fahrzeuges zu einem Vorderachs-Bremskreis I zusammengefaßt sind. Die beiden Bremsleitungszweige 36 und 37 sind mittels je eines Umschaltventils 38 bzw. 39 einzeln oder gemeinsam gegen die Hauptbremsleitung 33 absperrbar. Die Umschaltventile 38 und 39 sind als wiederum durch Ausgangssignale der elektronischen Steuereinheit 26 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 ansteuerbare 2/2-Wege-Magnetventile ausgebildet, deren im nicht erregten Zustand ihrer Steuermagnete 41 eingenommene Grundstellung 0 eine die jeweilige Vorderradbremse 11 oder 12 mit der Hauptbremsleitung 33 verbindende Durchflußstellung ist, und deren im erregten Zustand des Steuermagneten 41 eingenommene Schaltstellung I eine Sperrstellung ist, in der die Vorderradbremse(n) 11 und/oder 12 gegen die Hauptbremsleitung 33 und den Druckausgang 32 des Hauptzylinders 31 abgesperrt ist/sind.

Störungsfreien Zustand der Bremsanlage 10 vorausgesetzt, werden die Umschaltventile 38 und 39 bei jeder Aktivierung der jeweils angeschlossenen Radbremse(n) 11 und/oder 12 in die Sperrstellung I umgeschaltet, unabhängig davon, ob eine Aktivierung vom Fahrer gesteuert oder selbsttätig, z. B. zum Zweck einer Fahrdynamik-Regelung, ausgelöst wird.

Im Unterschied zu den für die Vorderradbremse 11 und 12 vorgesehenen Bremsdruck-Stellgliedern 16 und 17, deren Ausgangsdruckräume 22 in den Grundstellungen 0 der Umschaltventile 38 und 39 mit dem Druckausgang 32 des Einkreis-Hauptzylinders 31 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 und in dessen nicht betätigtem Zustand mit dessen Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter 42 kommunizierend verbunden sind, wodurch die erforderlichen Volumen-Ausgleichs-Ströme möglich sind, sind die Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 der Hinterrad-Bremse 13 und 14 in der Art von Einkreis-Hauptzylindern ausgebildet, deren permanent an die Hinterradbremse 13 und 14 angeschlossene Ausgangsdruckräume über eine — gemeinsame — Ausgleichsleitung 43 "direkt" mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter 42 des Einkreis-Hauptzylinders 31 verbindbar sind, wobei diese kommunizierende Verbindung des

Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälters 42 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 mit den Ausgangsdruckräumen 22 der Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 der Hinterradbremse 13 und 14 des Fahrzeuges nur dann besteht, wenn sich deren Kolben 23 in deren — dargestellter — dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage 10 entsprechender Grundstellung befinden, in der durch Schnüffellöcher 44 schematisch vereinfacht dargestellte Ausgleichs-Strömungspfade freigegeben sind, die nach einem kurzen Anfangs-Abschnitt eines Druckaufbau-Hubes des Kolbens 23 der Bremsdruck-Stellglieder 18 und/oder 19 der Hinterradbremse 13 und/oder 14 abgesperrt sind.

Zwischen die Hinterradbremse 13 und 14 ist ein als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildetes, durch Ausgangssignale der elektronischen Steuereinheit ansteuerbares Druckausgleichs-Ventil 46 geschaltet, das in seiner im nicht erregten Zustand seines Steuermagneten 47 als Grundstellung 0 eingenommenen Durchflußstellung die beiden Hinterradbremse 13 und 14 miteinander verbindet und in seiner bei Erregung seines Steuermagneten 47 mit einem Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit 26 eingenommenen Schaltstellung I die Hinterradbremse 13 und 14 gegeneinander abgesperrt, wobei die Durchflußstellung 0 dieses Ausgleichsventils 46 einem vom Fahrer gesteuerten Zielbremsbetrieb der Bremsanlage 10 zugeordnet ist, während die Sperrstellung I z. B. einem Antriebs-Schlupf-Regelungsbetrieb der Bremsanlage 10 zugeordnet ist, der eine individuelle Aktivierung einer Hinterradbremse 13 oder 14 erfordern kann, ohne daß der Fahrer die Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 betätigt.

Die Linearantriebe 24 der Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 sind zweckmäßigerweise als nicht-selbsthemmende Antriebe ausgebildet, so daß eine Druckabsenkungsbewegung der Kolben 23 dieser Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 durch den in der jeweils angeschlossenen Radbremse 13 und/oder 14 herrschenden Druck unterstützt wird. Die Grundstellung des jeweiligen Kolbens 23 ist z. B. durch Anschlagwirkung desselben mit einem — nicht dargestellten — Anschlagelement markiert, das gegenüber dem Zylindergehäuse unverschiebbar ist.

Die Ausgangsstellung, aus der heraus ein Bremsdruck-Aufbauhub des jeweiligen Kolbens 23 der Bremsdruck-Stellglieder 16 und 17 der Vorderradbremse 11 und 12 möglich sein muß, der in der jeweils angeschlossenen Radbremse 11 bzw. 12 die Entfaltung eines maximalen Bremsdruckes ermöglicht, der auch bei trockener, griffiger Straße die Blockiergrenze der jeweiligen Radbremse 11 bzw. 12 erreichen läßt, entspricht maximalem Volumen des Ausgangsdruckraumes 22 der Bremsdruckstellglieder 16 und 17.

Dasselbe gilt sinngemäß für die Grundstellung der Kolben 23 und der Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 der Hinterradbremse 13 und 14.

Die Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 umfaßt einen elektronischen oder elektromechanischen Drucksensor 48, der an die Hauptbremsleitung 33 bzw. den Druckausgang 32 des Einkreis-Hauptzylinders 31 angeschlossen ist und ein der elektronischen Steuereinheit 26 als Informationseingabe zugeleitetes elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das ein Maß für den durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders 31 erzeugten Ausgangsdruck desselben ist. Dieses Ausgangssignal des Drucksensors 48 ist im Zielbremsbetrieb der Bremsanlage 10 als ein Bremsdruck-Sollwert-Vorgabe-Signal — für den in den Vorderachs-Bremskreis I einzukoppelnden Bremsdruck — nutzbar und der elektronischen

Steuereinheit 26 zugeleitet.

Des weiteren umfaßt die Bremsdruck-Steuerungseinrichtung einen elektronischen oder elektromechanischen Pedalstellungs-Geber 49, der elektrische Ausgangssignale erzeugt, die die Information darüber beinhalten, wie weit das Bremspedal 29 aus seiner dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage 10 zugeordneten Ruhestellung ausgelenkt ist, wobei durch die Ausgangssignale dieses Pedalstellungsgebers 49 auch diejenigen Positionen des Bremspedals 29 erfaßbar sind, die dieses zwischen seiner Grundstellung und derjenigen Position einnimmt, in der der üblicherweise vorgesehene Bremslichtschalter 51 der Bremsanlage 10 anspricht.

Der Einkreis-Hauptzylinder 31 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 ist dahingehend ausgelegt, daß das allein durch seine Betätigung mittels des Bremspedals 29 in den Vorderachs-Bremskreis I verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen ausreicht, um in den Radbremsen 11 und 12 des Vorderachs-Bremskreises I einen definierten Mindest-Bremsdruck zu erreichen, der ausreicht, um eine definierte Mindestverzögerung des Fahrzeuges zu erreichen.

Des weiteren umfaßt die Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 einen als Kolben-Federspeicher dargestellten Druckspeicher 52, dessen Speicherkammer 53 über ein Funktions-Steuerventil 54 mit dem Druckausgang 32 des Einkreis-Hauptzylinders 31 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 verbindbar ist.

Das Funktions-Steuerventil 54 ist als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildet, das im stromlosen Zustand seines Steuermagneten seine Sperrende Grundstellung 0 einnimmt, in der die Speicherkammer 53 des Druckspeichers 52 gegen den Druckausgang 32 des Einkreis-Hauptzylinders 31 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 abgesperrt ist und bei Erregung seines Steuermagneten 56 mit einem Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit 26 in eine Durchflußstellung I als Schaltstellung übergeht, in der der Druckausgang 32 des Einkreis-Hauptzylinders 31 mit der Speicherkammer 53 des Druckspeichers 52 kommunizierend verbunden ist.

Der Druckspeicher 52 ist dahingehend ausgelegt, daß das maximale Aufnahmevolumen seiner Speicherkammer 53 annähernd und etwa dem halben Wert des Bremsflüssigkeits-Volumens entspricht, das durch eine dem maximalen Pedalweg entsprechende Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders 31 aus dessen — nicht dargestelltem — Ausgangsdruckraum verdrängbar ist. Hierzu ist z. B. die Speicherfeder 57, gegen deren zunehmende Rückstellkraft der Kolben 58 im Sinne einer Vergrößerung des Volumens der Speicherkammer 53 verschiebbar ist, so ausgebildet, daß ihre Windungen, eine Ausbildung der Rückstellfeder 57 als Wendelfeder vorausgesetzt, den Hub des Kolbens begrenzend auf Block liegen, und in dieser End-Stellung des Kolbens 58 und seiner Speicherfeder 57 deren Vorspannung der Kraft entspricht, die aus einer Druckbeaufschlagung des Speicherkolbens 58 mit demjenigen Druck resultiert, der in den Vorderradbremse 11 und 12 allein durch Betätigung des Hauptzylinders 31 aufbaubar sein muß.

Die den Radbremsen 11 bis 14 einzeln zugeordneten Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 sind mit je einem elektronischen oder elektromechanischen Positionsgeber 59 versehen, der ein elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das nach Pegel und/oder Frequenz ein Maß für die Position des Kolbens 23 innerhalb des jeweiligen Stellglied-Gehäuses und damit auch ein genaues Maß für das Volumen des Ausgangsdruckraumes 22 des jeweiligen Bremsdruck-Stellgliedes 16 bis 19 ist.

Des weiteren ist an mindestens eine der Vorderradbremmen 11 und/oder 12 und auch an mindestens eine der Hinterradbremmen 13 und/oder 14 ein elektronischer oder elektromechanischer Drucksensor 61 angeschlossen, der ein der elektronischen Steuereinheit 26 zugeführtes elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das nach Pegel und /oder Frequenz ein Maß für den Bremsdruck p_{VA} und p_{HA} ist, der in die jeweils angeschlossene Radbremse 11 und/oder 12 bzw. 14 und/oder 13 eingekoppelt ist.

Mit dem insoweit erläuterten Aufbau der Bremsanlage 10 sind bei dieser die folgenden Funktionen implementierbar, durch deren nachfolgende Erläuterung auch der elektronisch-schaltungstechnische Aufbau der diese Funktionen steuernden elektronischen Steuereinheit 26 als hinreichend geschildert angesehen werden soll, die — bei Kenntnis ihres Zweckes — von einem Fachmann der elektronischen Schaltungstechnik mit gängigen technischen Mitteln realisierbar ist:

a) Zielbremsung, ggf. einschließlich elektronisch gesteuerter Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung (EDKV):

Bei einer Zielbremsung, bei der die Bremsdruck-Entwicklung vom Fahrer durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders 31 gesteuert wird, werden die Umschaltventile 38 und 39 des Vorderachs-Bremskreises I in deren Sperrstellung I und das Funktions-Steuerventil 54 in dessen Durchflußstellung I umgeschaltet, so daß vom Hauptzylinder 31 Bremsflüssigkeit nur in die Speicherkammer 53 des Druckspeichers 52 verdrängbar ist. Der Bremsdruckaufbau in den Radbremsen 11 und 12 erfolgt ausschließlich mittels der Bremsdruck-Stellglieder 16 und 17.

Ab dem Ansprechen des Bremslichtschalters 51 werden auch die den Hinterradbremmen 13 und 14 zugeordneten Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 im Sinne eines Bremsdruck-Aufbaues angesteuert, wobei deren Ausgangsdruck p_{HA} , der, bei geöffnetem Ausgleichsventil 46 mittels des der rechten Hinterradbremse 14 zugeordneten Drucksensors 61 überwachbar ist, dem mittels des Drucksensors 48 erfaßbaren Ausgangsdruck des Einkreis-Hauptzylinders 31 und/oder dem mittels des Drucksensors 61 des Vorderachs-Bremskreises I erfaßten Bremsdruck p_{VA} derart nachgeführt wird, daß sich eine erwünschte, z. B. die ideale, gleicher Kraftschlußausnutzung an den Vorderrädern und den Hinterrädern entsprechende Bremskraft-Verteilung ergibt.

b) Antiblockierregelung (ABS-Funktion):

Tritt an einem der Vorderräder des Fahrzeugs eine Blockiertendenz auf, so wird das zugeordnete Bremsdruck-Stellglied 16 oder 17 im Sinne einer Bremsdruck-Absenkung in der Radbremse angesteuert. Die Bremsdruck-Halte-Funktion wird durch Stillsetzung des jeweiligen Stellglied-Antriebes 24 erzielt.

Zur Antiblockierregelung an den Hinterradbremmen 13 und 14 werden die Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 der Radbremsen 13 und 14 vorzugsweise gemeinsam im Sinne einer Vergrößerung des Volumens ihrer Ausgangsdruckräume 22 angesteuert. Die Steuerung von Bremsdruck-Halte- und Bremsdruck-Wiederaufbau-Phasen an den Hinterradbremmen 13 und 14 erfolgt im übrigen analog zu derjenigen an den Vorderradbremmen

11 und 12 nach bekannten Kriterien der Bremsschlupf-Regelung.

c) Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR-Funktion):

Die hierfür erforderliche Aktivierung einer oder beider Radbremsen 13 und 14 der angetriebenen Fahrzeugräder ohne Mitwirken des Fahrers ist durch Bremsdruck-Aufbau-Ansteuerung des jeweiligen Bremsdruck-Stellgliedes 18 und/oder 19 möglich, desgleichen der Bremsdruck-Wiederabbau, wobei im ASR-Betrieb das Ausgleichsventil 46 in seiner Sperrstellung I gesteuert ist.

d) Selbsttätige Aktivierung der Radbremse eines nicht angetriebenen Fahrzeugrades zum Zwecke einer Fahrdynamik-Regelung (FDR):

Zur individuellen oder gemeinsamen Betätigung der Vorderradbremse(n) 11 und/oder 12 wird/werden diese durch Ansteuerung des jeweiligen Umschaltventils 38 und/oder 39 in dessen Sperrstellung I gegen den Einkreis-Hauptzylinder 31 abgesperrt und das/die Bremsdruckstellglied(er) 16 und/oder 17 in dessen/deren Bremsdruckregelungsbetrieb gesteuert, der sich wiederum nach bekannten Kriterien der Fahrdynamik-Regelung vollzieht.

Wegen der Möglichkeit einer selbsttätigen Aktivierung sämtlicher Radbremsen 11 bis 14 erfüllt die Bremsanlage 10 auch die Voraussetzungen für eine Abstandsregelung bei Kolonnenfahrt, wobei hierfür zusätzlich eine — nicht dargestellte — Abstandssensorik am Fahrzeug vorgesehen sein muß.

e) Automatische Vollbremsung (Bremsassistent-Funktion):

Unter Ausnutzung der für die selbsttätige Aktivierung der Radbremsen 11 bis 14 vorgesehenen Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 ist auch eine automatische Steuerung einer Vollbremsung möglich, die ausgelöst wird, wenn die elektronische Steuereinheit 26 aus der Art, wie der Fahrer das Bremspedal betätigt, "erkennt", daß eine Bremsung mit möglichst hoher Fahrzeugverzögerung erwünscht ist. In diesem Falle werden die Bremsdruck-Stellglieder 16 und 17 des Vorderachs-Bremskreises I sowie die Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 der Hinterradbremmen 13 und 14 im Sinne eines Bremsdruck-Aufbaues mit maximaler Bremsdruck-Anstiegsrate angesteuert. Die Auslösung einer derartigen Vollbremsung erfolgt zweckmäßigerweise dann, wenn die mittels des Pedalstellungsgebers 49 überwachbare Geschwindigkeit ϕ , mit der der Fahrer das Bremspedal 29 betätigt, einen Schwellenwert ϕ_s überschreitet. Eine solche Vollbremsung wird so lange fortgesetzt, wie der Fahrer das Bremspedal 29 mit zunehmender Kraft betätigt, deren zeitliche Entwicklung z. B. anhand der Ausgangssignale des Drucksensors 48 erfaßbar ist, der den Ausgangsdruck des Einkreis-Hauptzylinders 31 erfaßt. Eine Fortsetzung dieser Bremsung mit reduzierter Bremsdruck-Steigerungsrate kann dadurch ausgelöst werden, daß der Fahrer das Bremspedal zwar entsprechend der Bremsdruck-Entwicklung nachführt, dieses aber nur mit einer relativ kleinen Kraft betätigt. Die Vollbremsung wird abgebrochen, wenn der Fahrer das Bremspedal 29 zurücknimmt.

Zweck der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 der Bremsanlage 10 ist es, in Fällen, in denen die Brems-

druck-Entwicklung vom Fahrer gesteuert wird, d. h. bei einer Zielbremsung, aber auch bei einer Vollbremsung, ergonomisch günstige Relationen zwischen dem Pedalweg und der tatsächlich entfalteten Bremskraft — Fahrzeugverzögerung — zu erzielen, die dann am besten — situationsgerecht — dosierbar ist, wenn mit einem hohen Betrag der Fahrzeugverzögerung auch ein hinreichend großer Betrag des Pedal-Auslenkungsweges verknüpft ist. Dieser Pedalweg wird bei der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 durch den gleichsam als Wegsimulator wirkenden Druckspeicher 52 in hinreichendem Maße bereitgestellt, gleichzeitig aber auch auf einen Wert begrenzt, der sicherstellt, daß bei einem Ausfall der Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 des Vorderachs-Bremskreises I sowie der Hinterradbremse 13 und 14 allein durch Betätigung des Einkreis-Hauptzylinders 31 im Vorderachs-Bremskreis noch eine hinreichende Bremsdruck-Entfaltung möglich ist, die es erlaubt, eine hinreichende Mindest-Verzögerung des Fahrzeuges zu erzielen.

In einer solchen Notsituation, die z. B. durch einen Ausfall des elektrischen Bordnetzes des Fahrzeuges bedingt sein kann, bleibt der Vorderachs-Bremskreis funktionsfähig, da die Umschaltventile 38 und 49 in ihre die Radbremsen 11 und 12 mit dem Druckausgang 32 des Hauptzylinders 31 verbindende Grundstellung 0 zurückfallen, so daß durch dessen Betätigung Bremsdruck in den Vorderradbremse 11 und 12 aufgebaut werden kann. Gleichzeitig wird das Funktionssteuerventil 54 in seine sperrende Grundstellung zurückgeschaltet und dadurch der Druckspeicher 52 gegen den Einkreis-Hauptzylinder abgesperrt, dessen gesamtes Bremsflüssigkeits-Volumen für den Bremsdruckaufbau im Vorderachs-Bremskreis nunmehr zur Verfügung steht.

Die beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 den Einkreis-Hauptzylinder 31, den Druckspeicher 52 und das Funktionssteuerventil 54 umfassende, insgesamt mit 62 bezeichnete Sollwert-Vorgabe-Einheit, die bei ausgefallenem elektrischem Bordnetz auch einen Notbremsbetrieb des Vorderachs-Bremskreises ermöglicht, kann, was nicht eigens dargestellt ist, dahingehend abgewandelt sein, daß die Speicherkammer 53 des Druckspeichers 52 permanent kommunizierend mit dem Druckausgang 52 des Einkreis-Hauptzylinders 31 verbunden ist. Für diese Gestaltung der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 ist deren Einkreis-Hauptzylinder 31 so auszulegen, daß das aus diesem verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen mindestens dem maximalen Aufnahmevermögen der Vorderradbremse 11 und 12 zugänglich der Aufnahmekapazität des Speichers 52 ist.

Zur Erläuterung weiterer Varianten der Sollwert-Vorgabeeinheit 62 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 sei nunmehr auf die Fig. 2a und 2b Bezug genommen, in denen jeweils der für den Notbremsbetrieb erforderliche Teil der Bremsanlage 10 dargestellt ist.

Die Sollwert-Vorgabeeinheit 62' gemäß Fig. 2a ist funktionell der Sollwert-Vorgabeeinheit 62 gemäß Fig. 1 analog und unterscheidet sich von dieser in baulicher Hinsicht lediglich dadurch, daß die Speicherkammer 53 des zur Pedalweg-Simulation genutzten Kolben-Federspeichers 52 direkt an die vom Einkreis-Hauptzylinder ausgehende Hauptbremsleitung 33 angeschlossen ist, des weiteren dadurch, daß der Federraum 63 des Druckspeichers 53', in dem die Speicherfeder 57 angeordnet ist, flüssigkeitsdicht ausgebildet ist und mit Bremsflüssigkeit gefüllt ist, und daß das Funktions-Steuerventil 54 zwischen den Federraum 63 des Druckspeichers 52' und den drucklosen Bremsflüssigkeits-Vor-

ratsbehälter 42 des Einkreis-Hauptzylinders 31 geschaltet ist. Bei dieser Gestaltung der Sollwert-Vorgabe-Einheit 62' ist der Kolben 58 ihres Druckspeichers 52' in seiner minimalen Aufnahmevermögen der Speicherkammer 53 dadurch verriegelbar, daß das Funktionssteuerventil 54 in seiner sperrenden Grundstellung 0 ein Überströmen von Bremsflüssigkeit aus dem Federraum 63 in den Vorratsbehälter 42 verhindert. Bei der Sollwert-Vorgabe-Einheit 62' gemäß Fig. 2a sind leakage-bedingte Bremsflüssigkeits-Verluste weitgehend ausgeschlossen.

Die in der Fig. 2b dargestellte, bei der Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 ebenfalls einsetzbare Sollwert-Vorgabe-Einheit 62'' unterscheidet sich von den anhand der Fig. 1 und 2a geschilderten in baulicher Hinsicht dadurch, daß zur Erzielung einer erwünschten Pedalweg-/Ausgangsdruckcharakteristik des Einkreis-Hauptzylinders 31 anstelle eines Druckspeichers 52 oder 52' und eines Funktionssteuerventils 54 ein durch Ausgangssignale der elektronischen Steuereinheit 26 elektrisch steuerbares Volumen-Stellglied 64 vorgesehen ist, das in baulicher Analogie zu den Bremsdruck-Stellgliedern 16 und 17 des Vorderachs-Bremskreises I als hydraulischer Linearzylinder ausgebildet ist. Dieser Linearzylinder hat einen an die Hauptbremsleitung 33 der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 angeschlossenen Ausgangsdruckraum 66, der einseitig beweglich durch einen im Zylindergehäuse druckdicht verschiebbar geführten Kolben 67 begrenzt ist, der mittels eines elektromotorischen Linearantriebes 68 in alternativen Auslenkungsrichtungen verschiebbar ist, wobei dieser elektromotorische Linearantrieb 68 durch Ausgangssignale der elektronischen Steuereinheit 26 zum Antrieb des Kolbens 67 in dessen alternativen Bewegungsrichtungen ansteuerbar ist. Dieser elektromotorische Linearantrieb ist, analog zu den elektromotorischen Linearantrieben der Bremsdruck-Stellglieder 18 und 19 für die Hinterradbremse 13 und 14 des Fahrzeuges als nicht-selbsthemmender Antrieb ausgebildet. Er ist jedoch mit einer schematisch durch zwei Bremsbacken angedeuteten Bremse 69 versehen, die, gesteuert durch ein Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit 26 elektrisch entsperrrbar ist, und, wenn das Entsperrungs-Signal der elektronischen Steuereinheit 26 abfällt, selbsttätig, z. B. durch die Vorspannung einer nicht dargestellten Bremsfeder, in ihre den Rotor des elektrischen Antriebsmotors 71 festsetzende Brems-Stellung gelangt. Der elektromotorische Linearantrieb 68 des Volumen-Stellgliedes 64 ist mit einem elektromechanischen der elektronischen Positionsgeber versehen, der ein der elektronischen Steuereinheit 26 zugeleitetes elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das ein Maß für die Position des Kolbens 67 des Volumen-Stellgliedes 64 innerhalb dessen Zylindergehäuses 73 und damit auch ein Maß für das Volumen des Ausgangsdruckraumes 66 des Volumen-Stellgliedes 64 ist.

Die Sollwert-Vorgabe-Einheit 62'' gemäß Fig. 2b eröffnet, eingesetzt in einer Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 gemäß Fig. 1, zumindest die folgenden Steuerungsmöglichkeiten, durch deren Erläuterung auch die diesbezüglichen schaltungstechnische Abwandlung der elektronischen Steuereinheit 26 als erläutert angesehen werden soll, die der Fachmann bei Kenntnis des Steuerungszweckes aufgrund gängigen Fachwissens realisieren kann.

a) Speicherfunktion:

Das Volumen-Stellglied 64 ist, in Abhängigkeit von

Ausgangssignalen des Pedalstellungsgebers 49 und/oder des Drucksensors 48 der Sollwert-Vorgabe-Einheit 62'' in Kombination mit den Ausgangssignalen des Positionsgebers 72 des Volumen-Stellgliedes 64 so ansteuerbar, das dessen Funktion derjenigen der Druckspeicher 52 oder 52' der Ausführungsvarianten gemäß den Fig. 1 oder 2a analog ist, d. h., bei einer Zielbremsung das Volumen des Ausgangsdruckraumes 66 des Volumen-Stellgliedes 64 bei einer Steigerung der Betätigungskraft, mit der der Fahrer das Bremspedal 29 betätigt, zunehmend anwächst.

b) Anzeige einer Antiblockier-Regelungsfunktion: Tritt bei einer — vom Fahrer gesteuerten — Bremsung an einem der Fahrzeuigräder eine Blockiertendenz auf, die ausgeregelt werden muß, so wird das Volumen-Stellglied im Sinne einer Verminderung des Volumens seines Ausgangsdruckraumes 66 angesteuert, mit der Folge, daß das Bremspedal 29 entgegen der vom Fahrer aufgebrachten Betätigungskraft zurückgeschoben wird, woraus dem Fahrer in sinnfälliger Weise signalisiert wird, daß eine Bremssituation potentieller Gefahr vorliegt.

Mittels des Volumen-Stellgliedes 64 sind — im Prinzip — beliebige Pedalweg-/Bremsdruck-Charakteristiken der Sollwert-Vorgabe-Einheit 62 realisierbar, die, je nach dem Geschwindigkeitsbereich, in dem das Fahrzeug bewegt wird und/oder dem Betrag der Fahrzeugverzögerung, der durch Betätigung des Bremspedals 29 eingesteuert werden soll, im Sinne einer optimierten Programmierung vorgegeben werden können.

Zur Erläuterung möglicher Gestaltungen des bei der Bremsdruck-Steuerungseinrichtung 21 vorgesehenen Einkreis-Hauptzylinders 31 sei nunmehr auf die Fig. 3a und 3b Bezug genommen.

Das Gehäuse 74 des in der Fig. 3a dargestellten Einkreis-Hauptzylinders 31 hat zwei bezüglich dessen zentraler Längsachse 76 koaxiale Bohrungsstufen 77 und 78 unterschiedlichen Durchmessers D1 und D2, zwischen denen eine radiale Innenschulter 79 des Gehäuses 74 vermittelt, über die diese Bohrungsstufen 77 und 78 aneinander anschließen. Der — einstückig ausgeführte — Kolben 81 ist mit einer flanschförmigen Kolbenstufe 82 in der Bohrungsstufe 77 des größeren Durchmessers D1 und mit einer stangenförmigen Kolbenstufe 83 in der Bohrungsstufe 78 des kleineren Durchmessers D2 des Zylindergehäuses 74 druckdicht verschiebbar geführt. Der Pedalstößel 84, über den die Betätigungskraft auf den Zylinderkolben 81 übertragen wird, greift an der stangenförmigen Kolbenstufe 43 an. Die flanschförmige Kolbenstufe 82 bildet innerhalb der Bohrungsstufe 77 zum einen die einseitige axial bewegliche Begrenzung des Ausgangsdruckraumes 86 des Hauptzylinders 31 und zum anderen die eine, axial bewegliche Begrenzung eines Ringraumes 85, dessen zweite, gehäusefeste axiale Begrenzung durch die radiale Innenschulter 79 des Gehäuses 74 gebildet ist. In dem der Ringschulter 79 des Gehäuses benachbarten, pedalseitigen Bereich des Zylindergehäuses 74 ist dieses mit einer in die Gehäusebohrung 78 des kleineren Durchmessers D mündenden Ringnut 87 versehen, die einen Nachlauf- und Ausgleichsraum bildet, der über einen radialen Kanal 88 mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter 42 in ständig kommunizierender Verbindung steht. Der Kolben 81 wird durch eine Rückstellfeder 89, die an seiner flanschförmigen Kolbenstufe 82 angreift und an der die gehäusefeste axiale Begrenzung des Ausgangsdruckraumes

86 bildenden Endstirnwand 91 des Gehäuses 74 abgestützt ist, in seine dargestellte, maximalem Volumen des Ausgangsdruckraumes 96 und minimalem Volumen des Ringraumes 85 entsprechende Grundstellung gedrängt, in der der Zylinderkolben 81 mit der pedalseitigen freien Endstirnfläche 92 seiner stangenförmigen Kolbenstufe 83 an einer ringförmigen Anschlagsschulter 93 des Gehäuses 74 axial abgestützt ist.

Der Kolben 81 ist mit einem insgesamt mit 94 bezeichneten Zentralventil versehen, das in der dargestellten, dem nicht betätigten Zustand des Einkreis-Hauptzylinders 31 entsprechenden Grundstellung seines Kolbens 81 eine Offen-Stellung einnimmt, in der ein zentraler, axialer Ausgleichskanal 96, der über einen radialen Überströmkanal 97 mit dem Ringraum 85 des Einkreis-Hauptzylinders 31 permanent in kommunizierender Verbindung steht, mit dem Ausgangsdruckraum 86 des Hauptzylinders 31 kommunizierend verbunden ist, wobei der Ausgleichskanal 96, in der dargestellten Grundstellung des Kolbens 81 des Einkreishauptzylinders 31, über eine radiale Schnüffellochbohrung 98 auch mit der Ringnut 87 des Zylindergehäuses 74 kommunizierend verbunden ist.

Bei einer Betätigung des Hauptzylinders 31 wird diese kommunizierende Verbindung seiner Ringnut 87, die zwischen gehäusefesten Ringdichtungen 99 und 101 angeordnet ist, nach einem einen kleinen Teil des insgesamt möglichen Druckaufbau-Hubes aufgehoben, wonach bei weiterhin offenem Zentralventil 94, zunächst, noch die kommunizierende Verbindung des Ringraumes 85 mit dem Ausgangsdruckraum 86 des Hauptzylinders 31 besteht. Im weiteren Verlauf eines Bremsdruck-Aufbauhubes bleibt das Zentralventil 94 zunächst offen, mit der Folge, daß von der insgesamt aus dem Ausgangsdruckraum 86 des Einkreis-Hauptzylinders 31 bei einer Druckaufbaubetätigung desselben verdrängten Bremsflüssigkeitsmenge m_s nur ein Teil m_{s1} über den Druckausgang 32 des Hauptzylinders 31 zu den Vorderradremsen 11 und 12 hin verdrängt wird, während die komplementäre Teilmenge m_{s2} über das offene Zentralventil 34 von dem Ringraum 85 des Hauptzylinders 31 aufgenommen wird, wobei das Verhältnis m_{s1}/m_{s2} durch die Beziehung

$$m_{s1}/m_{s2} = D_2^2/(D_1^2 - D_2^2)$$

gegeben ist.

Dieses Verhältnis ist durch zweckentsprechende Wahl der Durchmesser D1 und D2 der Gehäusebohrungen 77 und 78 bzw. der Durchmesser der Kolbenabschnitte 82 und 83 des Hauptzylinderkolbens 81 des Hauptzylinders 31 definiert vorgebar. Es hat, abweichend von der zur Erläuterung gewählten schematischen Darstellung, einen Wert um 1.

Bei dem dargestellten, speziellen Ausführungsbeispiel ist das Zentralventil 94 dahingehend ausgelegt, daß es, nachdem der Kolben 81 bei einer Bremsdruck-Aufbaubetätigung des Hauptzylinders 31 die Hälfte seines maximal möglichen Druckaufbau-Hubes s_{max} ausgeführt hat, in eine Schließ-Position gelangt, in der die kommunizierende Verbindung des Ausgangsdruckraumes 86 mit dem Ringraum 85 des Hauptzylinders 31 aufgehoben ist, mit der Folge, daß bei einer weiteren Bremsdruck-Aufbau-Betätigung des Hauptzylinders 31 und der damit korrelierten Verschiebung des Hauptzylinderkolbens 81 im Sinne einer Reduzierung des Volumens des Ausgangsdruckraumes 86 nunmehr die insgesamt aus diesem verdrängte, auf die Einheit des Kolben-

hubes bezogene Bremsflüssigkeitsmenge M_s zum Bremsdruck-Aufbau in den Vorderradbremse 11 und 12 der Bremsanlage 10 genutzt wird. Der Hauptzylinder 31 wird dadurch — wegabhängig — auf ein größeres Verdrängungs-Volumen pro Einheit des Betätigungsweges des Bremspedals 29 umgeschaltet. Dieser Funktionszustand des Hauptzylinders 31 ist dem Notbremsbetrieb zugeordnet, der bei ausgefallenem elektrischem Bordnetz noch die Erzielung einer Mindest-Bremsverzögerung gewährleistet.

Das Zentralventil 94, das, in Kombination mit der erläuterten Gestaltung des Gehäuses 74 und des Kolbens 81 des Einkreis-Hauptzylinders 31 dessen bedarfsgerechte Umschaltung auf Vergrößerung der im Notbrems-Betrieb für den Bremsdruckaufbau nutzbaren Bremsflüssigkeitsmenge vermittelt, ist beim dargestellten, speziellen Ausführungsbeispiel als Kugel-Sitz-Ventil ausgebildet, dessen Ventilkugel 102 in einer mit dem zentralen Ausgleichskanal 96 coaxialen Bohrung 103 größeren Durchmessers, der auch geringfügig größer ist als der der Ventilkugel 102, axial verschiebbar angeordnet ist und durch eine Ventildfeder 104 in eine Position größten Abstandes von einem konischen Ventilsitz 106 drängbar ist, der zwischen der Bohrung 103, in der die Ventilkugel hin- und herverschiebbar angeordnet ist, und einer axial kurzen Bohrungsstufe 107 vermittelt, an deren Grund, von dem der zentrale Ausgleichskanal 96 ausgeht, die Ventildfeder 103 kolbenseitig abgestützt ist.

Die maximale Distanz der Ventilkugel 102 von ihrem Ventilsitz 106 ist durch ihre Anlage an einem in die Aufnahmebohrung 103 eingesetzten, antriebsdruckraum-seitigen Anschlagelement 108 markiert, das mit azimuthalen Freisparungen versehen ist, über die der Ausgangsdruckraum 86 des Hauptzylinders 31 mit der Führungsbohrung 103 der Ventilkugel 102 in ständig kommunizierender Verbindung bleibt. Innerhalb des Ausgangsdruckraumes 86 ist ein mit der zentralen Längsachse 76 des Einkreis-Hauptzylinders 31 coaxialer Anschlagstößel 109 angeordnet, der durch eine vorgespannte Druck-Wendelfeder 111 in eine durch Anschlagwirkung eines flanschförmigen Anschlagelements 112 des Anschlagstößels 109 mit einem ringförmigen Anschlagelement 114 eines Führungsrohres 113 markierte, in der Fig. 3a dargestellte Position gedrängt wird, in der seine freie Endstirnfläche 116, gesehen in der dargestellten Grundstellung des Hauptzylinderkolbens 81, von der Ventilkugel 102 einen axialen Abstand s_{as} hat, der signifikant kleiner ist als die Hälfte des maximalen Kolbenhubes s_{max} , um den der Hauptzylinderkolben 81 zwischen seiner dargestellten Grundstellung und einer minimalen Volumen seines Ausgangsdruckraumes 86 entsprechenden Endstellung verschiebbar ist, die, zweckmäßigerweise, durch die Blocklage der Windungen der Rückstellfeder 89 markiert ist, durch deren Vorspannung der Hauptzylinderkolben 81 mit einem Zurücknehmen des Bremspedals 29 wieder in seine Grundstellung gelangen kann.

Die Vorspannung, mit der die den Anschlagstößel 109 in seine dargestellte "Grund"-Position drängende Druckwendelfeder 111 steht, ist größer als die sich im geschlossenen Zustand des Zentralventils 94, in dem dessen Ventilkugel dichtend an dem Ventilsitz 106 anliegt, ergebende axiale Vorspannung der Ventildfeder 104.

Wiederum in der dargestellten Grundstellung des Hauptzylinderkolbens 81 gesehen, hat der axiale Abstand s_{as} der Ventilkugel 102 von ihrem Sitz 106 einen Wert, der seinerseits signifikant kleiner ist als der halbe

Wert des maximalen Druckaufbau-Hubes s_{max} des Hauptzylinderkolbens 81, wobei die Summe der Abstandswerte $s_{as} + s_a$ der Hälfte des maximalen Verschiebehubes s_{max} des Hauptzylinderkolbens 81 entspricht.

Die den Anschlagstößel 109 in seine dargestellte, maximaler Distanz seiner freien Endstirnfläche 116 von der Endstirnwand 91 des Zylindergehäuses 74 entsprechende Position drängende Druck-Wendelfeder 111 ist dazuhingehend dimensioniert, daß sie um die Hälfte des maximalen Hubes s_{max} des Hauptzylinderkolbens 81 zusammendrückbar — verkürzbar — ist.

Die ringraumseitige Ringdichtung 101, welche die Abdichtung der Ringnut 87 des Hauptzylindergehäuses 31 gegen den Ringraum 85 vermittelt, ist als Lippendichtung ausgebildet, die die Funktion eines Rückschlagventils vermittelt, das bei niedrigerem Druck in dem Ringraum 85 als im Vorratsbehälter 42 des Einkreis-Hauptzylinders 31 in Öffnungsrichtung beaufschlagt ist und bei relativ höherem Druck in dem Ringraum 85 des Hauptzylinders 31 als in dessen Vorratsbehälter 42 sperrend ist.

Der insoweit seinem Aufbau nach erläuterte Einkreis-Hauptzylinder 31 vermittelt in der Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 die folgenden Funktionen:

Der Hubbereich des Betrages $s_{max}/2$, innerhalb dessen das Zentralventil 94 des Hauptzylinderkolbens 81 bei einer Pedalbetätigung des Hauptzylinders 31 offen bleibt, wird zur elektronisch gesteuerten Bremsdruck-Erzeugung und/oder Bremskraft-Verteilungs-Steuerung ausgenutzt.

Der zusätzlich bereitgehaltene Hub des Hauptzylinder-Kolbens 81, innerhalb dessen das Zentralventil geschlossen ist, ermöglicht, ohne Mitwirkung der Bremsdruck-Stellglieder 16 und 17 des Vorderachs-Bremskreises die Einspeisung einer, auf den Kolbenhub bezogen größeren Bremsflüssigkeitsmenge in die Vorderradbremse 11 und 12 und damit die Erzielung einer erwünschten Mindest-Verzögerung des Fahrzeuges auch dann, wenn sämtliche, im Normalfall elektrisch steuerbare Bremsdruck-Stellglieder 16 bis 19 nicht mehr funktionsfähig sind.

In diesem Notbetriebs-Zustand des Hauptzylinders 31 ist das durch den ringraumseitigen Dichtring 101 des Hauptzylinders 31 gebildete Rückschlagventil wirksam, über das nunmehr — im Notbrems-Betrieb — Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 42 in den Ringraum 85 Bremsflüssigkeit nachströmen kann, obwohl das Zentralventil 94 seine Sperrstellung einnimmt.

Bei dem in der Fig. 3b dargestellten, in der Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 einsetzbaren Einkreis-Hauptzylinder 31 ist die einseitige axial bewegliche Begrenzung seines Ausgangsdruckraumes 86 durch eine einen äußeren Ringkolben 117 und einen von diesem coaxial umschlossenen Stufenkolben 118, an dem der Pedalstößel 84 angreift, umfassende Kolben-Anordnung 117, 118 gebildet, die durch die Rückstellfeder 89 die an der die gehäusefeste axiale Begrenzung des Ausgangsdruckraumes 86 bildenden Endstirnwand 91 des Zylindergehäuses 74 abgestützt ist und an der zentral gegenüberliegenden Endstirnfläche 119 des Stufenkolbens 118 angreift, in die dargestellte, dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders 31 entsprechende Grundstellung gedrängt wird, in der der Ringkolben 117 mit seiner pedalseitigen Ringstirnfläche 121 an einem radial nach innen weisenden Anschlagring 122 des Zylindergehäuses axial abgestützt ist und der Stufenkolben 118 mit seiner pedalseitigen Endstirnfläche an einem radial nach

innen weisenden, ringförmigen Anschlagflansch 124 des Ringkolbens 117 axial abgestützt ist.

Der Ringkolben 117 ist mittels zweier kolbenfester Ringdichtungen 126 und 127, die an Endflanschen 128 und 129 des Ringkolbens 117 angeordnet sind, gegen die Gehäusebohrung 77 abgedichtet, deren Durchmesser auf der gesamten Länge des Gehäuses zwischen dessen Endstirnwand und dessen Anschlagring 122 den Wert D_1 hat. Zwischen dem ausgangsdrukraumseitigen Endflansch 128, dessen Ringdichtung 126 eine hochdruckfeste Abdichtung vermittelt, und dem pedalseitigen Endflansch 129 des Ringkolbens 117 erstreckt sich ein durch eine flache Ringnut 131 des Ringkolbens 117 begrenzter Ringraum 132, der, unabhängig von der Kolbenposition, über einen radialen Gehäusekanal 133 mit dem Vorratsbehälter 42 in kommunizierender Verbindung steht. Zwischen der pedalseitigen, flanschförmigen Kolbenstufe 134 des Stufenkolbens 118, mit der der Stufenkolben 118 in einer Bohrungsstufe 137 gleichen Durchmessers des Ringkolbens 117 flüssigkeitsdicht gleitend gelagert ist, und einer radialen Innenschulter 136 des Ringkolbens 117, die den Anschluß der die flanschförmige Kolbenstufe 134 aufnehmenden Bohrungsstufe 137 an die die stangenförmige Kolbenstufe 138 des Stufenkolbens 118 aufnehmende Bohrungsstufe 139 des kleineren Durchmessers D_2 vermittelt, erstreckt sich ein Ringraum 141, der über einen radialen Kanal 142 mit dem radial äußeren Ringraum 132 und über diesen ebenfalls mit dem Vorratsbehälter 42 in kommunizierender Verbindung steht. Eine die hochdruckdichte Abdichtung der stangenförmigen Kolbenstufe 138 des Stufenkolbens 118 gegen die Bohrungsstufe 139 gleichen Durchmessers des Ringkolbens 117 vermittelnde Ringdichtung 143 ist in unmittelbarer Nähe der radialen Innenschulter 136 des Ringkolbens 117 an diesem angeordnet.

Der stangenförmige Abschnitt 138 des Stufenkolbens 118 ist mit einem Schnüffelkanal 144 versehen, der einen sich über einen Teil der Länge des stangenförmigen Abschnitts 138 des Stufenkolbens erstreckenden, in den Ausgangsdrukraum 86 des Einkreis-Hauptzylinders 31 mündenden axialen Abschnitt 146 und einen von dessen innerem Ende ausgehenden radialen Abschnitt 147 hat, der in der dargestellten Grundstellung der Kolbenanordnung 117, 118 unmittelbar neben der radialen Innenschulter 136 des Ringkolbens 117 in den durch diesen und den Stufenkolben 118 begrenzten radial inneren Ringraum 141 mündet, so daß in dieser Grundstellung der Kolbenanordnung 117, 118 auch kommunizierende Verbindung des Ausgangsdrukraumes 86 mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter 42 besteht. Diese kommunizierende Verbindung wird bei einer Betätigung des Bremspedals 29 nach einem kleinen Anfangsabschnitt des Kolbenhubes unterbrochen, worauf erst der Druckaufbau im Ausgangsdrukraum 86 des Einkreis-Hauptzylinders einsetzt. In dem radial inneren Ringraum 141 ist eine Druck-Wendelfeder 148 angeordnet, mittels derer eine erwünschte Pedalkraft-/Ausgangsdruk-Charakteristik erzielbar ist.

Eine spezielle Auslegung der Druck-Wendelfeder 148 kann darin bestehen, daß das Produkt aus ihrer Federrate und dem Hub des Stufenkolbens 118 gleich dem Produkt aus dem im Ausgangsdrukraum 86 herrschenden Druck mit der diesen teilweise beweglich begrenzenden Ringstirnfläche des Ringkolbens 117 ist, wenn der zentrale Stufenkolben im Verlauf einer Bremsen-Betätigung die Hälfte seines maximal möglichen Kolbenhubes s_{max} ausgeführt hat.

1. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung für ein Straßenfahrzeug mit elektrohydraulischer Mehrkreis-Bremsanlage, die

a) den Radbremsen einzeln zugeordnete, elektromotorisch antreibbare hydraulische Stellzylinder umfaßt, die in einem Hub ihres Kolbens Auf- und Abbau des maximalen Bremsdruckes in der angeschlossenen Radbremse, auf den diese ausgelegt ist, ermöglichen und, gesteuert durch Ausgangssignale einer elektronischen Steuereinheit die Implementierung mindestens der folgenden Funktionen vermitteln:

a1) Zielbremsbetrieb nach Maßgabe vom Fahrer mittels einer Sollwert-Vorgabeeinheit auslösbarer, für den Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung charakteristischer Sollwert-Signale, einschließlich Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung (EBKV);

a2) Antiblockierregelung durch selbsttätige Bremsdruck-Modulation (ABS-Funktion);

a3) Antriebs-Schlupfregelung (ASR-Funktion) durch selbsttätige Aktivierung der Radbremse des jeweils zum Durchdrehen neigenden Fahrzeugrades;

a4) Fahrdynamik-Regelung (FDR) durch selbsttätig gesteuerten Aufbau von Bremschlupf an einem oder mehreren der Fahrzeugräder, wobei

b) die Sollwert-Vorgabe-Einheit einen Einkreis-Hauptzylinder umfaßt, an dessen Ausgangsdrukraum die Vorderradbremse über je ein als 2-Stellungs-Magnetventil ausgebildetes Umschaltventil angeschlossen sind, in deren bei Erregung ihrer Schaltmagnete eingenommenen sperrenden Funktionsstellung die Vorderradbremse gegen den Einkreis-Hauptzylinder abgesperrt sind, und in deren als Grundstellung eingenommener Durchflußstellung Bremsflüssigkeit durch Betätigung des Hauptzylinders direkt in die Vorderradbremse verdrängbar ist, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

c) der Einkreis-Hauptzylinder (31) ist dahingehend ausgelegt, daß das durch Verschiebung seines Kolbens (81; 117, 118) um den maximalen Hub s_{max} aus seinem Ausgangsdrukraum (86) verdrängbare Bremsflüssigkeits-Volumen signifikant größer ist als das Aufnahme-Volumen der Radbremsen (11, 12) des Vorderachs-Bremskreises (I), das in diese verdrängt werden muß, um einen definierten, für eine Mindest-Verzögerung erforderlichen Auslegungsdruck zu erreichen;

d) auch bei einer elektrisch gesteuerten Zielbremsung sind die Vorderradbremse (11, 12) gegen den Einkreis-Hauptzylinder (31) abgesperrt, und das maximale Aufnahmevermögen der Ausgangsdrukräume (22) der Bremsdruck-Stellzylinder (16, 17) der Vorderradbremse (11, 12) ist auf dasjenige Volumen beschränkt, das zur Erzielung eines maximalen Bremsdruckes in die jeweils angeschlossene Radbremse (11, 12) verdrängbar sein muß;

e) an den Druckausgang (32) des Einkreis-Hauptzylinders (31) der Sollwert-Vorgabeein-

heit (62; 62'; 62'') ist ein Speicherelement (52; 52'; 64, 67, 68) angeschlossen, in das gegen eine zunehmende Reaktionskraft Bremsflüssigkeit aus dem Einkreis-Hauptzylinder (31) verdrängbar ist, wobei das maximale Aufnahmevolumen dieses Speicherelements (52; 52'; 64, 67, 68) höchstens dem Mehrbetrag entspricht, um den das aus dem Hauptzylinder (31) verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen größer ist als das im Notbremsbetrieb zur Erzielung der definierten Mindest-Verzögerung in die Vorderradbremse (11, 12) verdrängende Bremsflüssigkeitsvolumen).

2. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das maximale Aufnahmevolumen des Speicherelements (52; 52'; 64, 67, 68) zwischen 30% und 60%, vorzugsweise um 50% des insgesamt maximalen Schluckvolumens der Vorderradbremse (11, 12) beträgt.

3. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (52; 52') als Kolben-Federspeicher ausgebildet ist.

4. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (52; 52'; 64, 67, 68) gegen den Einkreis-Hauptzylinder (31) absperrbar ist.

5. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen das Speicherelement (52) und den Einkreis-Hauptzylinder ein als 2-Stellungs-Magnetventil (54) ausgebildetes Umschaltventil geschaltet ist, dessen erregte Stellung eine Durchfluß-Stellung und dessen Grundstellung seine Sperrstellung ist.

6. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 4, wobei das Speicherelement als Kolben-Federspeicher ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherfeder (57) des Speicherelements (52') in einer flüssigkeitsdichten, über eine Ausgleichsleitung mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter (42) des Einkreis-Hauptzylinders (31) verbundenen Federkammer (63) angeordnet ist, und daß der Ausgleichs-Strömungspfad mittels eines als 2-Stellungs-Magnetventil ausgebildeten Umschaltventils (54) absperrbar ist, das als erregte Stellung die Durchflußstellung und als Grundstellung die Sperrstellung hat.

7. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement seinerseits als elektromotorisch antreibbarer hydraulischer Stellzylinder (64, 67, 68) mit positionsüberwachtem Kolben (67) ausgebildet ist.

8. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenantrieb (68) nicht selbsthemmend ist und mit einer im stromlosen Fall selbsttätig wirksamen Feststellbremse (69) versehen ist.

9. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkreis-Hauptzylinder (31) für den Notbremsbetrieb auf ein gegenüber dem Zielbremsbetrieb vergrößertes Verhältnis seines auf den Hub bezogenen Verdrängungsvolumens umstellbar ist.

10. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkreis-Hauptzylinder (31) selbsttätig weggesteuert auf den Notbremsbetrieb mit vergrößertem Ver-

drängungsvolumen-/Hub-Verhältnis umstellbar ist.
11. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (81) des Einkreis-Hauptzylinders (31) als Stufenkolben ausgebildet ist, dessen dem Durchmesser nach größere Kolbenstufe (82) die axial bewegliche Begrenzung sowohl des Ausgangsdruckraumes (86) als auch mit einer an seine kleinere Kolbenstufe (83) anschließenden Ringstirnfläche, deren Betrag durch die Differenz der den Ausgangsdruckraum (86) begrenzenden Stirnfläche und der Querschnittsfläche der kleineren Kolbenstufe (83) gegeben ist, die axial bewegliche Begrenzung eines Ringraumes (85) bildet, und daß der Kolben (81) mit einem Zentralventil (94) versehen ist, das durch die Vorspannung einer Ventillfeder (104) in seine Offen-Stellung gedrängt wird und ab einem Mindesthub s_{min} des Kolbens (81) durch Anschlagwirkung seines Ventilkörpers (102) mit einem in axialer Richtung federnd nachgiebigen Anschlagelement (109, 113) in seine Sperrstellung gelangt, und daß zwischen den Ringraum (85) und den Vorratsbehälter (42) ein Rückschlagventil geschaltet ist, das durch relativ höheren Druck im Ringraum (85) des Hauptzylinders (31) als im Vorratsbehälter (42) in Sperrichtung und durch relativ höheren Druck im Vorratsbehälter (42) als im Ringraum (85) des Einkreis-Hauptzylinders (31) in Öffnungsrichtung beaufschlagt ist.

12. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückschlagventil durch eine als Lippendichtung ausgebildete Ringdichtung (101) gebildet ist, die die kleinere Kolbenstufe (83) des Stufenkolbens (81) gegen den Ringraum (85) sowie gegen eine Ringnut (87) abdichtet, die mit dem Vorratsbehälter (42) in kommunizierender Verbindung steht.

13. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkreis-Hauptzylinder (31) einen in einem Ringkolben (117), der druckdicht verschiebbar gegen das Gehäuse (74) abgedichtet ist, seinerseits druckdicht verschiebbar geführten, mittels einer Rückstellfeder (89) des Hauptzylinders (31), die dessen Ausgangsdruckraum (86) axial durchsetzt, in seine größtem Volumen des Ausgangsdruckraumes (86) entsprechende Grundstellung drängbaren, zentralen Kolben (118) umfaßt, an dem das Bremspedal (29) angreift und daß dieser zentrale Kolben (118) mit einer flanschförmigen pedalseitig angeordneten Kolbenstufe (134) versehen ist, die ab einem Mindesthub s_{min} des zentralen Kolbens (118) durch ihre axiale Abstützung an einer radialen Innenschulter (136) des Ringkolbens (117) diesen im Sinne eines Druckaufbau-Hubes mitnimmt.

14. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Innenschulter (136) des Ringkolbens (117) und die pedalseitige, flanschförmige Kolbenstufe (134) des zentralen Kolbens (118) einen radial inneren Ringraum (141) in axialer Richtung begrenzen, der, einerseits, über einen radialen Kanal (142) des Ringkolbens (117) mit einem radial äußeren Ringraum (132) in kommunizierender Verbindung steht, der seinerseits mit dem Vorratsbehälter (42) in permanent-kommunizierender Verbindung gehalten ist, und daß der zentrale Kolben (118) mit einem Schnüffelkanal (144) versehen ist, der in der Grund-

stellung des zentralen Kolbens (118) zwischen dem Ausgangsdruckraum (86) und dem Ringraum (141) eine kommunizierende Verbindung vermittelt, die nach einem kleinen Anfangsabschnitt des Druckaufbau-Hubes des zentralen Kolbens (118) aufgehoben ist. 5

15. Bremsdruck-Steuerungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß in dem radial inneren Ringraum (141) der Kolbenanordnung (117, 118) eine vorgespannte Druckfeder (148) angeordnet ist, deren Vorspannung kleiner ist als diejenige der Rückstellfeder (89) des Einkreis-Hauptzylinders (31). 10

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

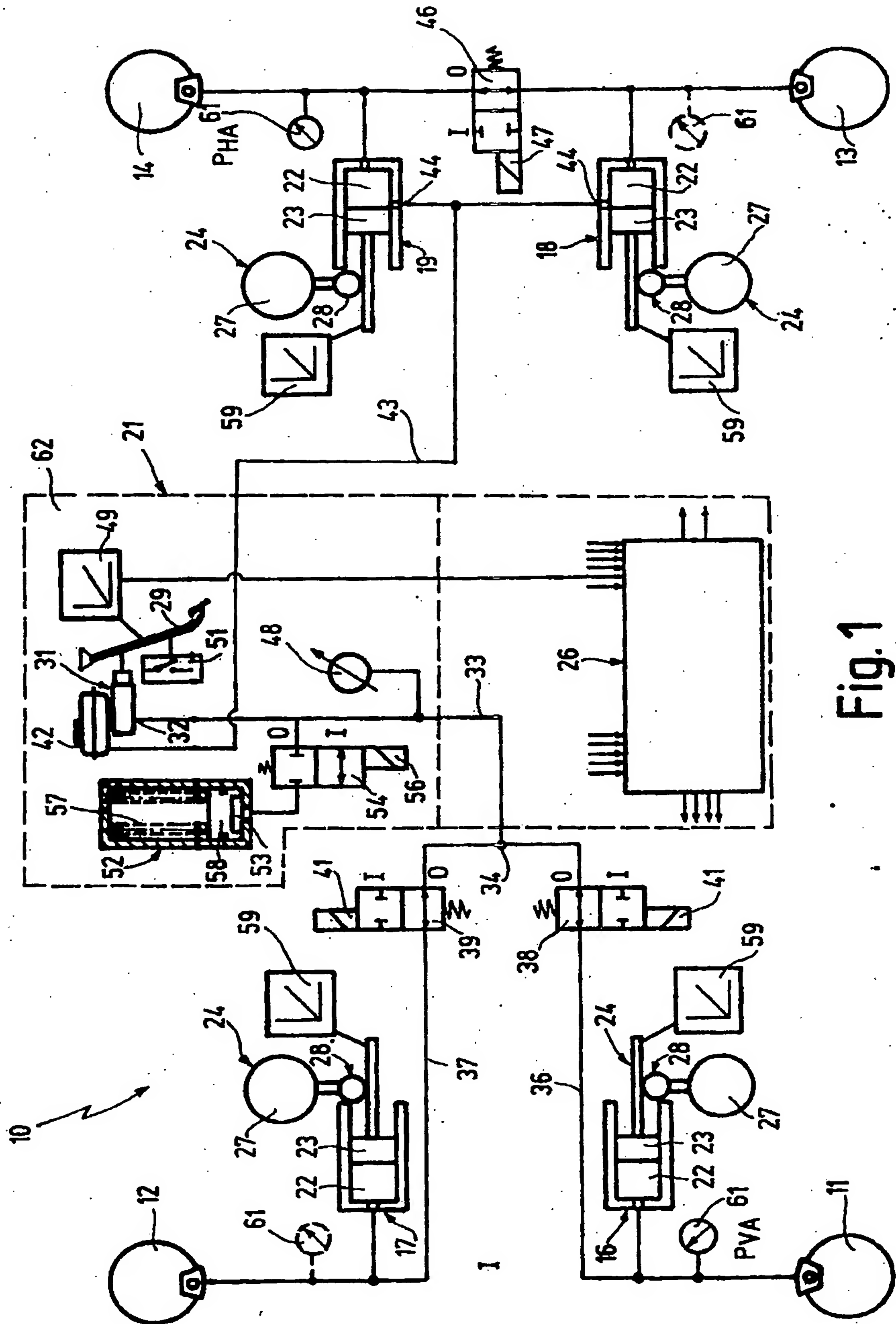
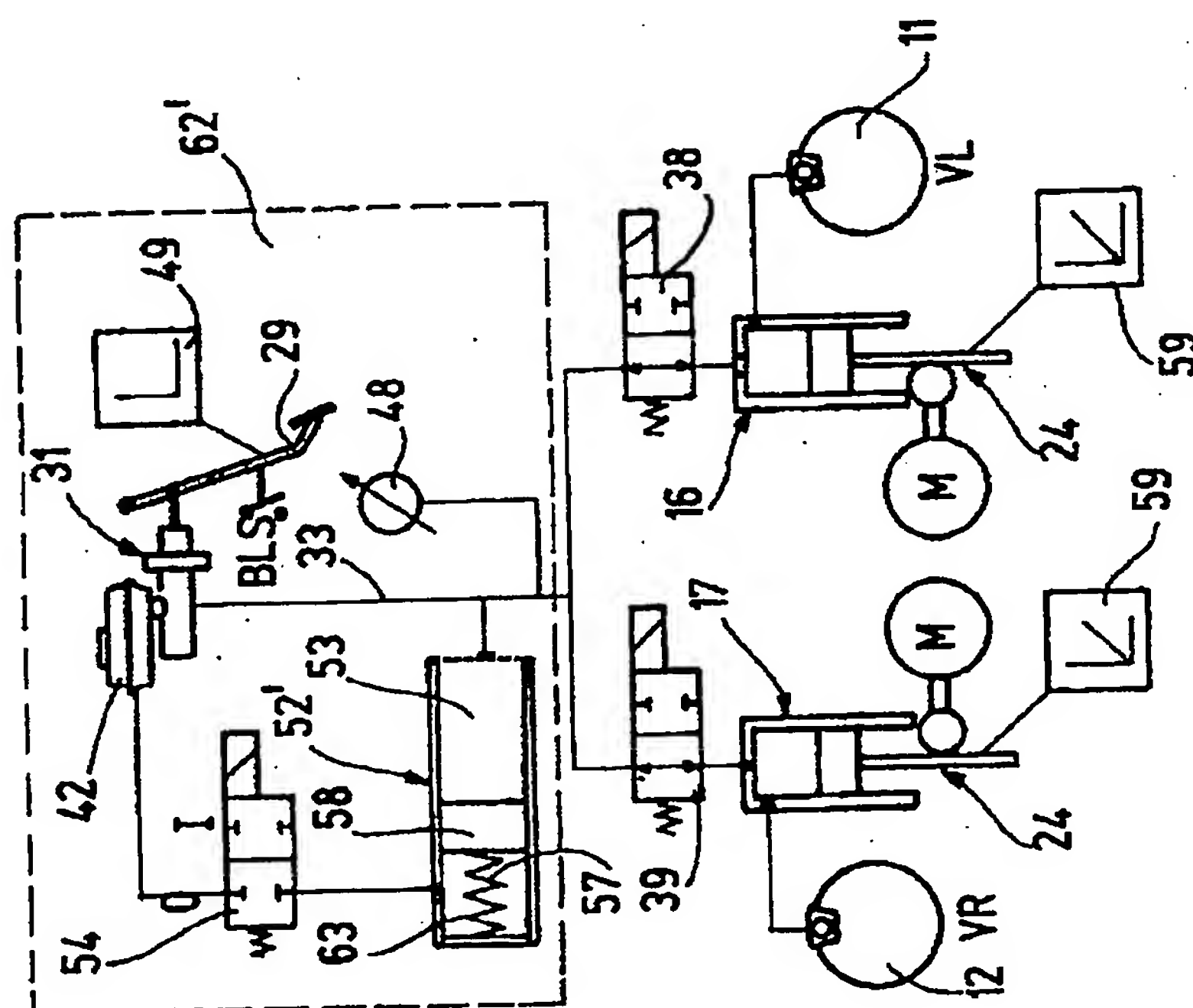
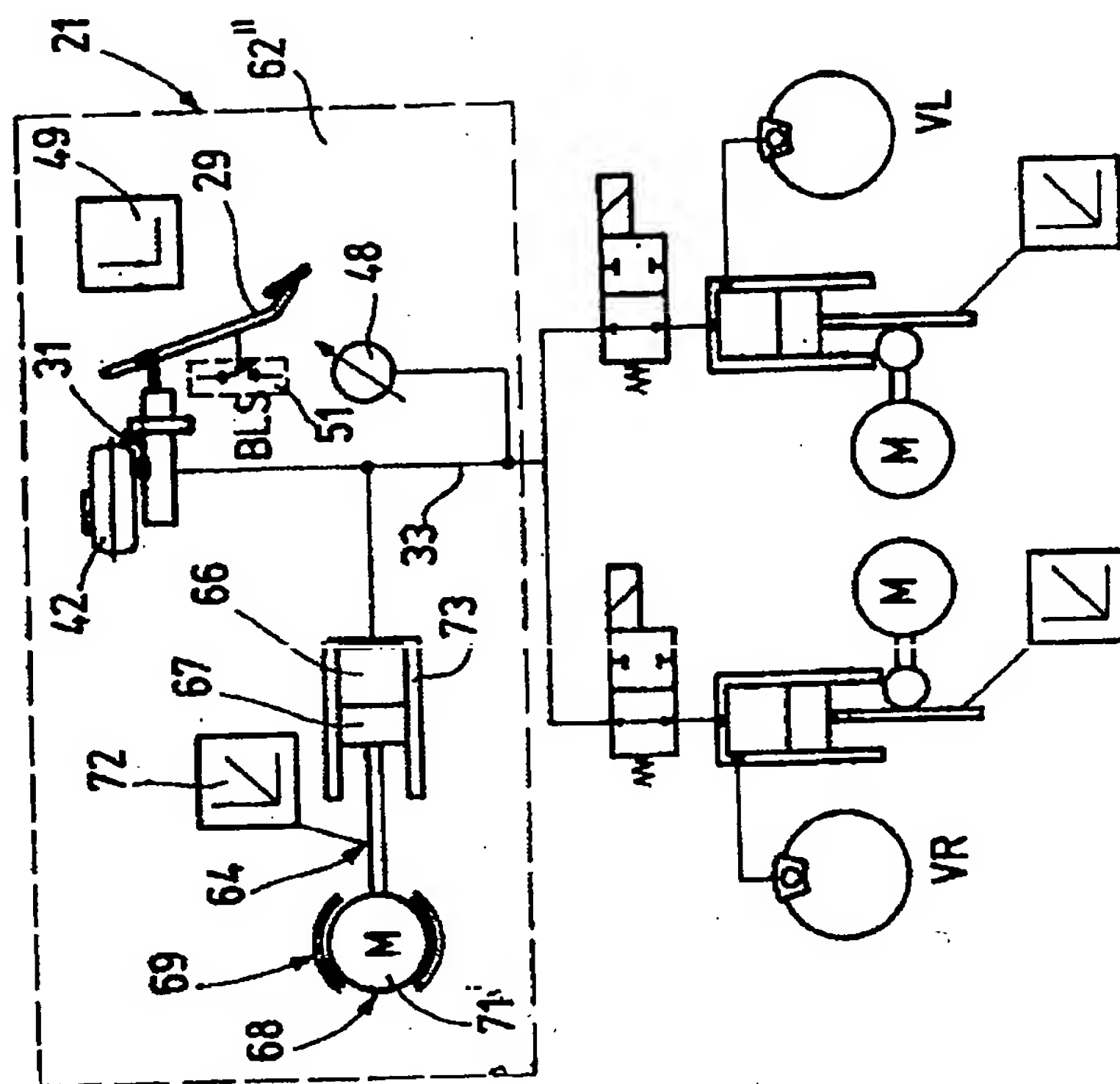


Fig.1



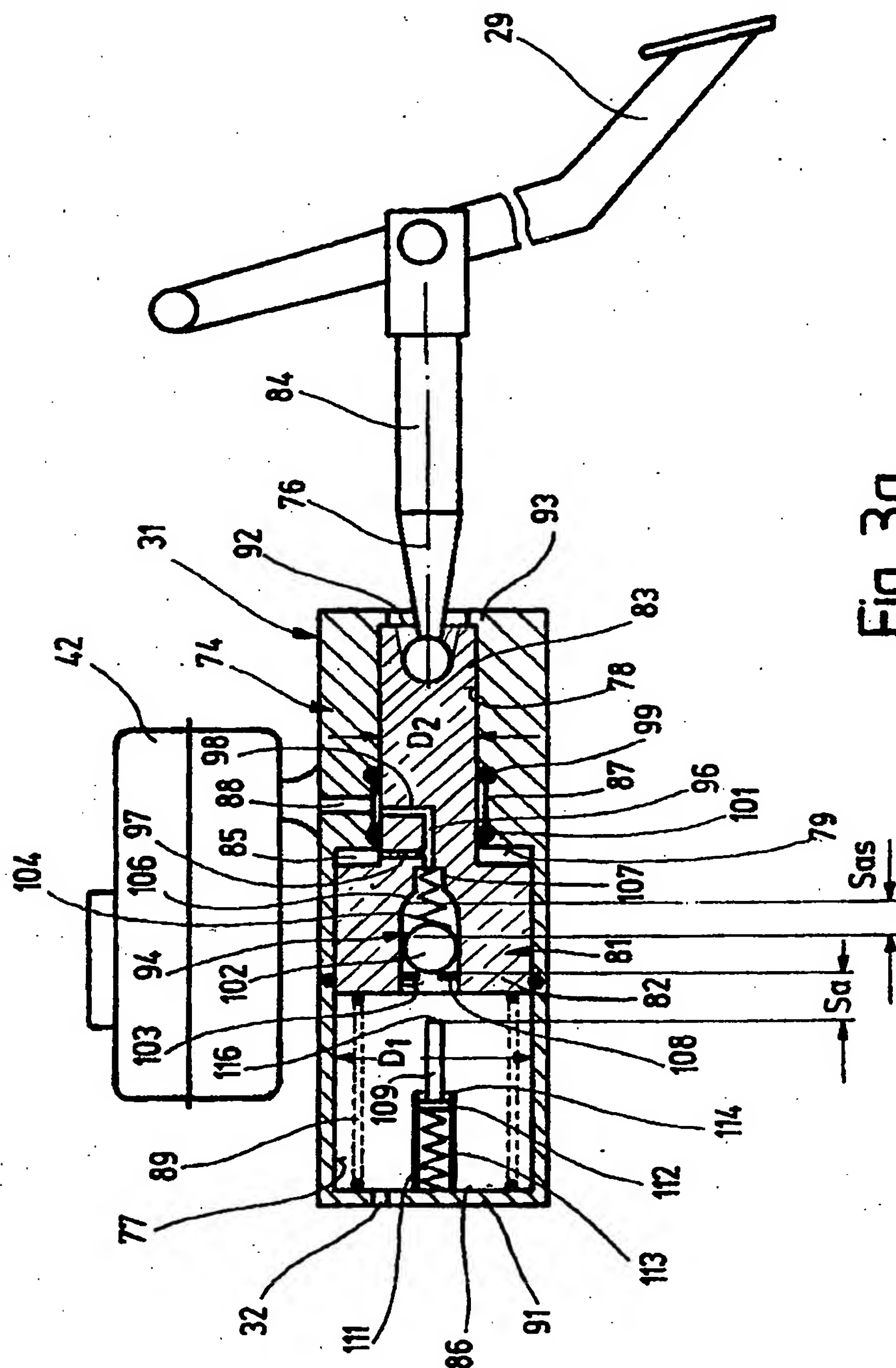


Fig. 3a

